

新疆阜康—吉木萨尔断层晚第四纪 活动与变形特征的新认识

吴传勇^{1,2}, 沈 军¹, 柔 洁¹, 谢 天^{1,3},
罗福忠¹, 阮成文¹, 刘景元¹

(1. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 3. 新疆大学, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要:阜康—吉木萨尔断层是博格达山体与山前冲洪积平原的分界断层, 全新世以来仍在活动, 山前的冲洪积平原和河流低级阶地均发生了不同程度的拱曲变形, 断层剖面揭示了该断层晚更新世末期有 3 次古地震事件。断层近地表后倾角变缓, 地表的陡坎地形主要是由地层的拱曲变形形成的, 反映了断层近地表位错的消减和分配规律。

关键词:天山; 博格达山; 阜康—吉木萨尔断层; 晚第四纪; 变形

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2005)01-0047-05

New Knowledge on the Late Quaternary Activity and Deformation Characteristics of Fukang—Jimusaer Fault, Xinjiang

WU Chuan-yong^{1,2}, SHEN Jun¹, ROU Jie¹, XIE Tian^{1,3},
LUO Fu-zhong¹, RUAN Cheng-wen¹, LIU Jing-yuan¹

(1. Bureau of Seismology of Xinjiang, Urumqi 830011, China; 2. Institute of Seismology of Lanzhou, CEA, Lanzhou 730000, China; 3. Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang, 830046, China)

Abstract: The Fukang—Jimsar fault, a Holocene active fault, is considered as a borderline fault between Bogeda Mountain and piedmont alluvial—pluvial fans. Piedmont alluvial—pluvial fans and low terraces of rivers were bended in different degrees since the middle and late Holocene. The fault cross—section near Dalongkou indicates there were three paleoseismic events during late Pleistocene, and the recurrence interval of earthquake on the east segment of the fault is 4500~7500 a. The obliquity of the Fukang—Jimsar fault inclination decreased when it reached the ground, and scarps on the surface were formed by the bending strata. The section reveals the ways of displacement diminishment and deformation distribution near the ground.

Key words: Tianshan mountain; Bogeda mountain; The Fukang—Jimsar fault; Late Quaternary; Deformation

0 引言

北天山东段(博格达山)的山前地段活动构造发育, 地震活动较强。自有历史记录以来该区共发生 $M \geq 4.7$ 地震 4 次, 最大震级为 1965 年 11 月 13 日的乌鲁木齐东北 6.6 级地震。

阜康—吉木萨尔断层是博格达山区和山前冲洪积平原的分界断层, 距乌鲁木齐市 36 km, 距阜康市仅 5 km, 是对周围城市可能造成地震灾害的重要断层。前人已对该断层的几何特征和活动性等进行过初步研究^[2,4,8-9]。此次我们在总结前人研究成果的

收稿日期: 2004-09-23

基金项目: 国家自然科学基金(40262002); 地震科学联合基金(103008, 103056); 新疆科技攻关项目(20033316) 共同资助。

作者简介: 吴传勇(1978—), 男(汉族), 山东德州人, 在读硕士研究生, 从事活动构造学习和研究。

基础上,利用航卫片解译对博格达山前的阜康—吉木萨尔断层再次进行了追踪考察,并在大龙口东岸发现了规模很大的断层剖面,使我们对该断层晚第四纪活动和变形特征有了新的认识。

1 阜康—吉木萨尔断层晚第四纪活动概况

阜康—吉木萨尔断层西起古牧地以西,往东经

水磨沟、三工河、四工河、甘河子、白杨河、大龙口等,大致沿博格达山前延伸至吉木萨尔以南(图1),全长160 km左右,为一总体近东西走向,南倾的逆断层。卫星影像显示,该断层控制了第四系的沉积范围,山前的上更新统一全新统冲洪积扇和河流低级阶地均发生了不同程度的拱曲变形,地貌标志较明显(图1)。在甘河子和白杨河之间断层存在一个右行间隔近3 km的阶区(图1)。根据断层的几何形

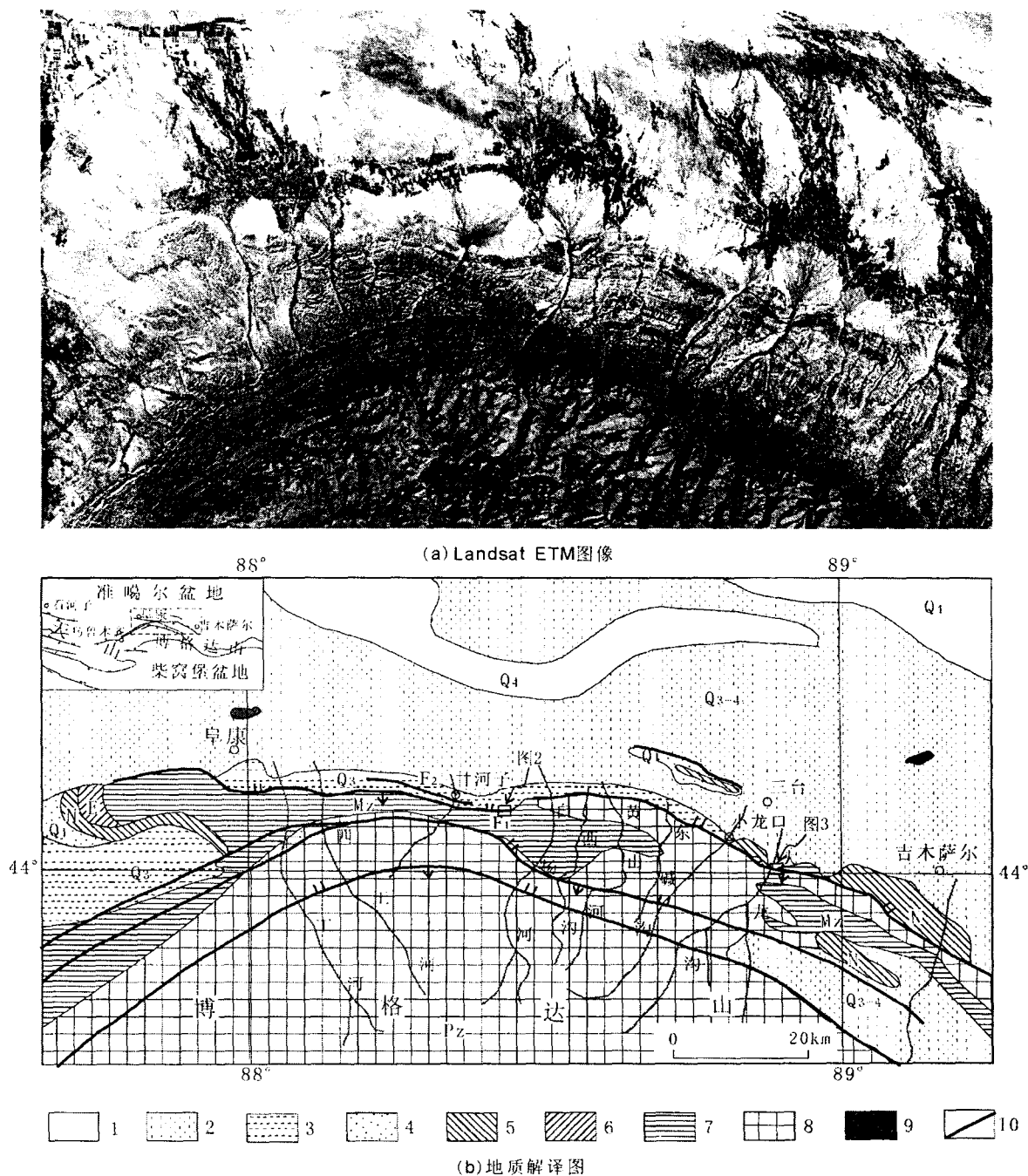


图1 阜康—吉木萨尔活断层展布图

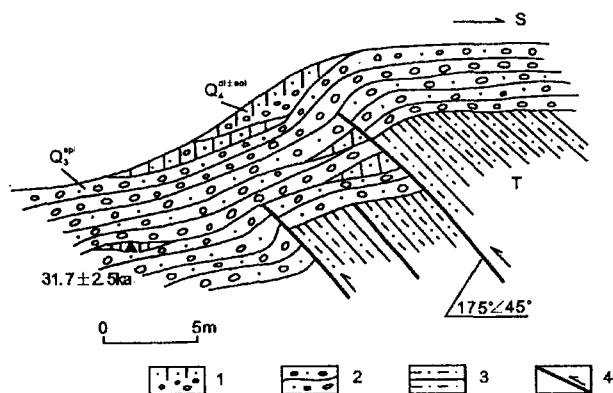
Fig. 1 Distribution of the Fukang—Jimsar active fault.

态及地貌特征可把阜康—吉木萨尔断层分为3段:西段位于白杨河口以西;中段位于白杨河与小龙口之间;小龙口以东为东段。

1.1 西段活动特征

西段又称阜康断层,总体近东西走向,为S倾的逆冲左旋走滑断层^[8],全长约80 km,是中生界与山前第四系的分界断层。该段由两条近平行的断层(F_1, F_2)组成, F_2 是 F_1 的前展断层,不连续,在甘河子附近断层地貌较明显(图1)。此次野外调查未能发现 F_2 断层露头。

在甘河子东6 km的干沟沟口,三叠系泥岩及粉砂质泥岩向北逆冲于晚更新世砾石层上(图2),断层附近的岩层比较破碎,断层与地层产状一致:倾向 175° ,倾角 45° 。该剖面揭示断层在 31.7 ka B. P. 以来至少有3次活动,前两次事件错断地表,在断层下盘形成崩积楔;后一次事件未错断地表,但造成浅表地层的挠曲,很可能是第二次事件后断层蠕滑或深部小的粘滑错动累积的结果。



1. 含砾砂土层;2. 砾石层;3. 粉砂质泥岩;4. 断层

图2 甘河子东6 km处断层剖面

Fig. 2 Geological section of Fukang--Jimsar fault at 6 km east of Ganhezi.

在四工河口,断层倾向 218° ,倾角 28° ,侏罗纪煤系逆掩于 ^{14}C 年龄为 $14\,367 \pm 365 \text{ a B. P.}$ ^[2]的黄土和砾石层之上。断层下盘砾石层受断层运动影响,略具定向排列。断层垂直断距为1.5 m,由此计算出其晚更新世末期以来垂直活动速率大于 0.1 mm/a 。

1.2 中段活动特征

中段断层近东西走向,中部略向北凸起,全长30 km左右,是古生界(二叠系)与山前第四系的分界断层。该段与断层西段呈右阶雁形状排列,断层崖在山前的第四纪冲洪积扇上发育良好。该段是断层活动最为强烈的地段,山前的冲洪积扇的高度和规模比东西两段都要发育(图1)。

在西沟沟口, I级河流阶地被阜康—吉木萨尔断层扰动拱曲,在地表形成走向近东西,高5~6 m,坡向北倾的陡坎。该处断层陡坎宽缓,最大坡角在 15° 以下,影响宽度可达150 m,表明全新世中、晚期以来断层仍在活动。

在黄山河口,洪积扇顶部被一多次波折的断层陡坎所切割,断层又被 ^{14}C 年龄为 $6\,274 \pm 72 \text{ a B. P.}$ ^[3]的亚砂土层覆盖,表明断层曾有多次活动,最晚一次发生在全新世中期。在三台西南的东碱沟,可见二叠纪泥灰岩逆冲在高出河床3 m的I级阶地上,在地表形成5.2 m高的断层坎。I级阶地表面的亚粘土 ^{14}C 年龄为 $15\,811 \pm 147 \text{ a B. P.}$,由此,可推算该段断层晚更新世末期以来的垂直滑动速率为 0.33 mm/a 。

1.3 东段活动特征

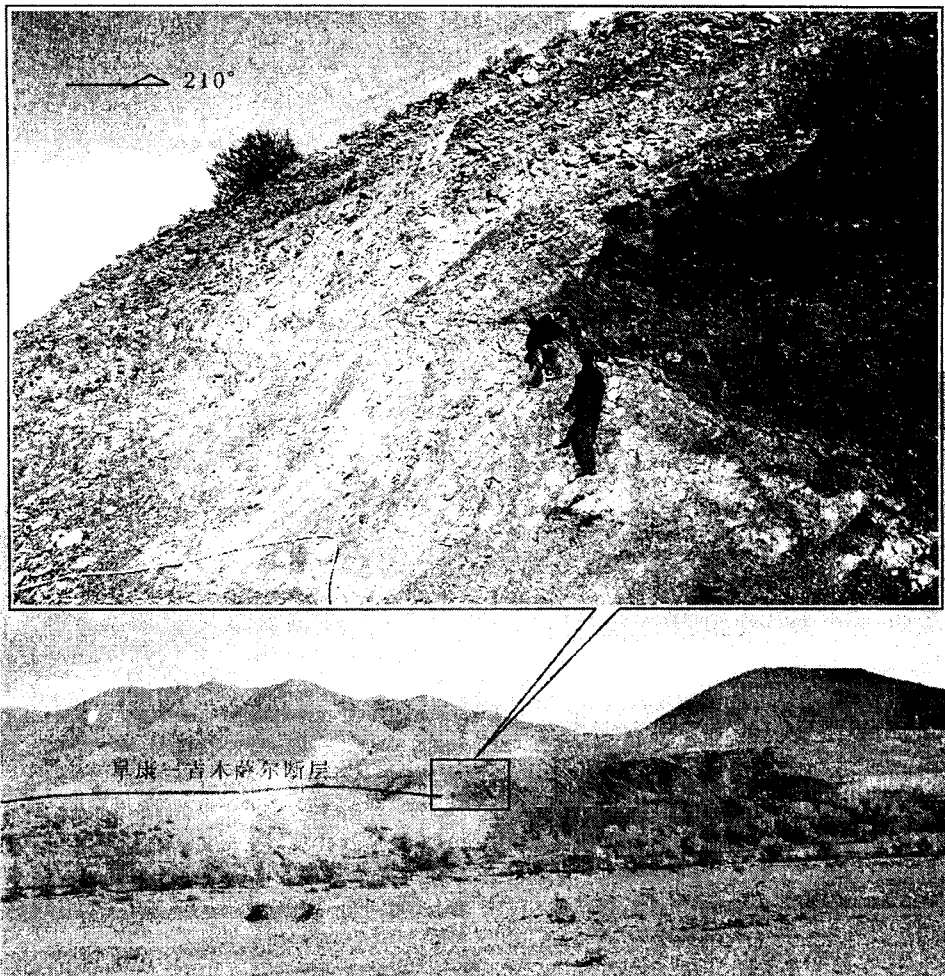
该段断层为北西走向,全长50 km左右,是古生界(P)与新近系(N)的分界断层。在三台镇南大龙口河附近,断层顺二叠系油页岩层间滑动,将高出河床30 m的II级阶地错断,二叠系与上更新统之间的不整合面垂直错距为6.1 m,断层被 ^{14}C 年龄为 $30\,588 \pm 553 \text{ a B. P.}$ 的黄土状亚粘土所覆盖^[3],该段晚更新世末期以来平均垂直滑动速率为 0.20 mm/a 。断层还使该河谷的IV和V级阶地前缘本别发生27.8 m和19.5 m的右旋位错,表明该段还具有右旋走滑特征。

阜康—吉木萨尔断层在不同地段表现出不同的活动特点,活动强度以中段最大,两侧稍低,同时东西两段还具有旋性特征。全新世以来断层仍在活动,山前的冲洪积扇和河流低阶地均发生不同程度的拱曲变形。

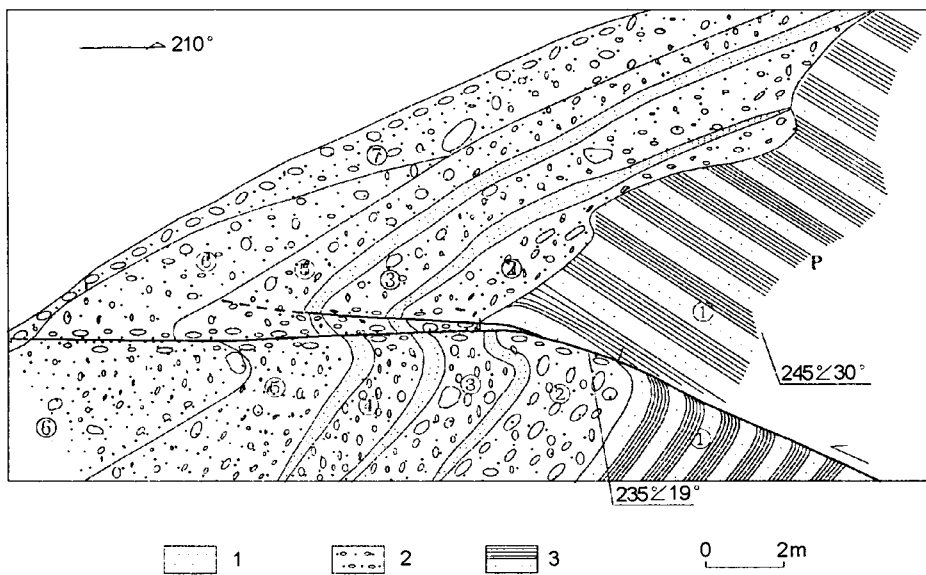
2 大龙口断层剖面与断层晚第四纪活动与变形特征

此次野外考察我们在三台镇西南的大龙口东岸($43^\circ 59' 35.4''\text{N}$, $88^\circ 53' 34.9''\text{E}$)发现了规模很大的断层露头,剖面高15~20 m,长约100 m。经过对该剖面的分析,我们对阜康—吉木萨尔断层晚第四纪以来的活动及变形特征获得一些新的认识。

在剖面上,断层错断了该沟谷II级阶地,二叠纪油页岩逆冲到晚更新世阶地砾石层上,砾石层受断层牵引发生褶曲变形。阶地砾石层底界倾向错距达3.7 m,形成南高北低的断层崖,为坡向北倾的顺向陡坎,断层陡坎高15 m左右,主坡角 $26^\circ \sim 33^\circ$ (图3)。



(a) 断层照片



(b) 剖面图

1. 细砂层; 2. 砾石层; 3. 砂岩与油页岩互层

图 3 大龙口断层

Fig. 3 Photo (a) (view towards SE) and cross-section (b) of the active fault near Dalongkou.

剖面上可见一条主断层, 该断层倾向 SW, 在二叠系油页岩中的倾角为 19°。阶地砾石层中, 断层

分成两支,其倾角变缓,近水平(图 3)。从剖面上分析,断层晚第四纪以来应有 3 次活动。断层第一次快速错动发生在层②堆积后,二叠纪油页岩逆冲到层②之上,形成 1.6 m 的倾向错距,断层上盘的层②遭受剥蚀,其厚度明显小于下盘。层③、④堆积后发生第二次错动,倾向错距为 1.1 m,断层上盘的层④遭受强烈剥蚀已经缺失,只在断层下盘有所保留。层⑤、⑥堆积之后,断层再次发生错动,倾向错距为 1 m,断层上盘的层⑥受到剥蚀,只在断层附近有所保留,呈三角楔形,该层在断层下盘厚 4~5 m。

该处河流 II 级阶地土层的 ^{14}C 年龄为 $16\ 865 \pm 620\ \text{a B. P.}$ ①,而北天山一级河流的 II 级阶地堆积形成于距今约 3~4 万年^[5],估计该处 II 级阶地底部砾石层的年龄应为 30~40 ka B. P.,由此可大体确定断层的在晚更新世末期的地震复发周期为 4 500~7 500 a。该剖面揭示的最后一次地震应发生在晚更新世末期,大约距今 1.7 万年左右。

该断层剖面所揭示的现象具有典型特征,由剖面可以看出,断层近地表产状明显变缓,甚至接近水平,断层上、下盘的地层发生了明显的牵引变形,地表的陡坎地形主要是断层使第四纪地层的褶曲变形所形成的(图 4(b)),而不是我们常规所见到的地层断错陡坎(图 4(a))。该剖面让我们认识到逆断层在第四纪松散地层中变形分布的另一种情况,对于这类断层,其深部的错距在浅层大部分被地层的褶曲所吸收,所以垂直错距可能不大,但在地表所形成的构造变形却非常显著,并且有较宽的变形影响带,特别是断层上盘的同震变形会影响较宽的范围,这种变形随着断层上部松散覆盖层的厚度增加而加宽。这对于跨逆断层或近逆断层的工程的抗震设计有重要的参考意义。

3 认识和讨论

(1) 阜康—吉木萨尔断层具有分段活动的特点,以中段活动最为强烈,晚更新世晚期以来的平均垂直滑动速率为 0.33 mm/a,其他段落活动性相对较弱,尤其是西段,仅为 0.1 mm/a。

(2) 该断层属全新世活断层,据初步研究,东段晚更新世晚期有过 3 次古地震事件,平均大震复发周期为 4 500~7 500 a。因其距离城市较近,又有古地震的痕迹,是值得特别注意的地震活断层。

(3) 根据新疆地震目录,沿阜康—吉木萨尔断层附近只记录到一次 4.7 级以上地震(1965 年乌鲁木齐东北 4.9 级地震),并且该断层现今小震活动强

度、频度也都比较低。而全新世以来断层活动速率仍较强^[9],这似乎表明断层已积累了一定的能量,处于能量积累的末期,该时期的特征是中小地震不易发生^[10]。该断层已具备发生一定规模地震的条件。

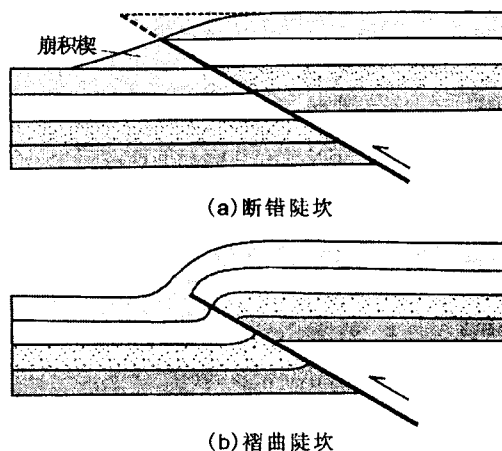


图 4 断层陡坎类型图

Fig. 4 Two types of fault scarp.

(4) 从大龙口断层剖面可以看出,沿断层所见的陡坎并不一定是由断层错断所形成的,有相当一部分是断层近地表的褶曲变形,而断层未直接通达地表,即所谓的盲断层。这类断层发震时不引起或只形成很小的地表位移,地表变形以褶皱隆起为主。Setin 和 Yeats 等将这类地震定义为“褶皱地震”。褶皱地震在中国天山地区已有发生,如 1906 年玛纳斯 7.7 级地震^[6],根据前人对该地震的考察,在地表很难找到大规模的地震破裂带。如何对这样的断层地貌与古地震之间的关系进行研究是今后仍需探索的问题。

(5) 前人因发现该断层中、西段的地震变形和断层露头而认为这两段具备发生 7 级地震的能力,将其定为震级上限为 7.5 级潜在震源。此次在其东段发现断层露头 and 相应的形变现象,因此该段也具备发生 7 级地震的条件,也应是震级上限为 7.5 级的潜在震源。

目前,对该断层的研究程度还很不够,对于该断层较准确的滑动速率,最后一次古地震事件的时间和震级,以及断层的分段和变形特征尚有待做进一步的专门研究。

(下转 70 页)

① 新疆防御自然灾害研究所. 三台火电厂工程地震安全性评价. 2004.

- honophysics, 1977, 13: 415—422.
- [2] 王碧泉, 杨锦英, 王春珍. 大震前地震活动的图像识别[J]. 地震学报, 1982, 4(2): 105—115.
- [3] 王碧泉, 王春珍. 对连续 Hamming 方法的改进及其在潜在震源判定中的应用[J]. 地震学报, 1988, 10(2): 113—123.
- [4] 吕宏伯, 聂金宗, 陈祖荫, 等. Hamming 分类方法的改进及其在震区划中的应用[J]. 地震学报, 1986, 8(增刊): 143—153.
- [5] 马秀芳, 王春珍, 王碧泉. 用模式识别方法确定北京及其临区易发生地震的地点[J]. 地震学报, 1985, 7(4): 374—384.
- [6] 王玉秀, 杨锦英, 马淑田, 等. 用 Fisher 方法划分地震活动期[J]. 地震学刊, 1988, 2: 7—12.
- [7] 张野珍, 粟生平, 李革平. 华北近期地震危险区的确定要素和综合图像识别[J]. 中国地震, 1985, 1(4): 18—26.
- [8] 丁福玉, 杜兴信, 易学发, 等. 应用模式识别定量划分潜在震源区[J]. 地震研究, 1990, 13(2): 122—130.
- [9] 黄德瑜, 梅世蓉, 刘蒲雄, 等. 华北地震潜在危险区图像识别的空间扫描[J]. 中国地震, 1988, 4(3): 71—75.
- [10] 宋方敏, 汪一鹏, 俞维贤, 等. 小江活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1998.
- [11] 李坪主编. 鲜水河—小江断裂带[M]. 北京: 地震出版社.
- [12] 何宏林, 李坪, 方仲景. 滇东南楔形构造区发震构造背景探讨[J]. 地震地质, 1992, 14(4): 217—226.
- [13] 朱成男. 小江断裂全新世运动速率测定与地震危险性评价[A]. 见: 史前地震与第四纪地质文集[C]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1982.
- [14] 韩慕康, 柴天俊, 董兴权. 云南南部橘麓湖的全新世变迁及其通海震区新构造运动的关系[J]. 地质评论, 1981, (6): 491—495.
- [15] 俞维贤, 王晋南, 毛玉平. 滇西地震重点监视防御区中强地震潜在震源区的综合图像识别[J]. 地震研究, 1993, 16(4): 350—358.
- [16] 顾功叙主编. 中国地震目录[M]. 北京: 地震出版社, 1983.
- [17] 姜朝松, 樊友心, 邵德晟, 等. 昆明市地面沉降[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1999.

(上接 51 页)

[参考文献]

- [1] 伍致中, 郭富贤, 等. 再论博格达推覆盖构造与油气[J]. 新疆地质, 1991.
- [2] 柏美祥, 范芳琴, 等. 博格达山北麓活动构造[J]. 内陆地震, 1997, 11(1).
- [3] 冯先岳. 新疆古地震[J]. 乌鲁木齐: 新疆卫生出版社, 1997.
- [4] 沈军. 准噶尔盆地南北两侧新构造运动特征对比研究[D]. 中国地震局地质研究所, 1998.
- [5] 邓起东, 等. 天山活动构造[M]. 北京: 地震出版社, 2000.
- [6] 赵成斌, 孙振国, 顾梦林, 等. 玛纳斯地震区地壳浅部构造特征探测研究[J]. 地球物理学报, 2001, 44(1): 54—63.
- [7] 新疆维吾尔自治区地方志编纂委员会. 新疆通志. 第 11 卷地震志[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2002.
- [8] 尤惠川, 任利生, 陈国星, 等. 东天山阜康断裂的变形方式与全新世滑动速率[J]. 中国地震, 2002, 18(3): 239—248.
- [9] 尤惠川, 任利生, 张玉梅. 新疆阜康—吉木萨尔断裂带的几何特征与活动性研究[J]. 地震地质, 2003, 25(3): 375—384.
- [10] 沈军, 李莹甄, 汪一鹏. 地震构造的能量积累和释放特征与新疆天山部分地区地震危险性分析[J]. 中国地震, 2004, 20(3): 229—237.
- [11] Stein R S, Yeats R S, Hidden earthquakes[J]. Scientific American, 1989, 260: 48—57.